



WETENSKAPLIKE BYDRAES
REEKS H: INOUGURELE REDE NR. 163

DIE NUMERIESE LABORATORIUM
EN INGENIEURSWESE

Prof CG du Toit

Inouguerele rede gehou op 17 November 2000

Publikasiebeheer Komitee
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
Potchefstroom
2520

Die Universiteit is nie vir menings in die publikasie aanspreeklik nie.

Navrae in verband met *Wetenskaplike Bydraes* moet gerig word aan:

Die Publikasiebeheerkomitee
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
2520 POTCHEFSTROOM

Kopiereg © 2001 PU vir CHO

ISBN 1-86822-381-7

DIE NUMERIESE LABORATORIUM EN INGENIEURSWESE

Mnr die Rektor,
Dames en Here,

Ek wil graag van die geleentheid gebruik maak om die PU vir CHO te bedank dat hulle op 'n krisispunt in my loopbaan, toe die Universiteit van Stellenbosch in 1992 die Buro vir Meganiese Ingenieurswese gesluit het, die vertroue in my gehad het om my te benoem as mede-professor. In September 1999 het die PU vir CHO hierdie vertroue herbevestig deur my met ingang van Januarie 2000 te bevorder tot hoogleraar in meganiese ingenieurswese. Ek hoop dat ek aan die verwagtinge, wat daar gekoester word, sal voldoen.

Wanneer ek by hierdie geleentheid met u gesels oor dit wat my vanuit 'n professionele oogpunt na aan die hart lê, dan is dit slegs moontlik (en waarlik sinvol) omdat die vreugde of opwinding wat ek ervaar en die entoesiasme wat ek daarvoor het van die Enigste en Ware God kom. Daarvoor loof ek Hom.

Ps. 111:2 "Die werke van die Here is groot, almal wat daarin vreugde vind, dink daaroor na."

Mnr die Rektor, Dames en Here, ek wil graag by hierdie besondere geleentheid in my loopbaan enkele gedagtes met u wissel oor die onderwerp:

"Die Numeriese Laboratorium en Ingenieurswese".

Hoewel daar enkele vroeëre geleenthede was, kan my eerste werklike kennismaking met ingenieurswese teruggevoer word na my eerste jaar op universiteit, terwyl my eerste ware ontmoeting met die numeriese laboratorium plaasgevind het in my tweede jaar op universiteit. Die voorbeelde wat ek as illustrasies gebruik kom uit my ervaringsveld en dek nie die volle spektrum gevalle wat vorgehou kan word nie. Voordat ons egter aandag skenk aan die onderwerp, is dit vir ons nodig om die begrippe ingenieurswese en numeriese laboratorium uit te klaar of te omskryf. Ek gaan nie poog om 'n alles omvattende definisie in elke geval te gee nie, maar hopelik wel 'n voldoende verklaring vir die doel van ons gesprek.

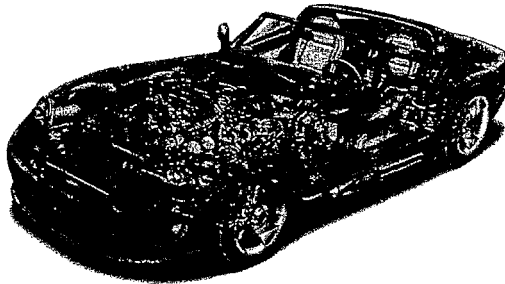
Wat is ingenieurswese ?

In wetenskapsleer leer ons die studente dat ons onder tegniek verstaan die (menslike) vervaardiging van produkte uit natuurlike grondstowwe deur middel van gereedskap om die praktiese menslike lewe makliker en doeltreffender te maak. Tegnologie, kennis van die tegniek, is die wetenskap wat handel oor die tegniese aktiwiteite, prosesse en produkte. Die gereedskap word in 'n wye sin bedoel en kan enigiets wees van 'n graaf tot 'n stootskrapeer en 'n rekenaar. Eweneens kan die produkte vele vorme aanneem soos die mikrogolf en die motor en in baie gevalle kan dit selfs gereedskap wees, soos byvoorbeeld die rekenaar. In ingenieurswese, met ander woorde tegnologie en tegniek, gaan dit om die uitvinding, ontwerp, konstruksie of vervaardiging van nuwe dinge of prosesse as die vrugte van die vindingryke of produktiewe menslike verbeelding.

Wat is 'n model of modellering ?

In die numeriese laboratorium gaan dit om modelle, wiskundige en rekenaar-modelle, van fisiese verskynsels en prosesse. 'n Model is 'n fisiese of wiskundige voorstelling of beskrywing van die werklikheid, maar kan nooit die werklikheid volledig beskryf nie. Modelle word nie alleen gebruik om fisiese verskynsels en prosesse voor te stel en te simuleer om sodoende praktiese probleme te bestudeer en op te los nie, maar kan ook gebruik word om ons begrip van die fisiese prosesse of verskynsels te verbreed of te verdiep. Daar moet egter altyd deeglik daarmee rekening gehou word dat dit maar 'n benadering is en dus onderworpe is aan beperkinge en mank gaan aan gebreke. Ons strewende moet wees om die getrouheid of akkuraatheid van die modelle gedurigdeur te verbeter.

Proses vir oplos van tegniese probleme



Figuur 1 : Voorbeeld vir die abstraksie en analise van 'n probleem.

In ingenieurswese gaan dit om die oplos van tegniese probleme, die produkte wat die behoeftes van die mens aanspreek. Volgens Schuurman is die heel eerste ding wat die ingenieur moet doen om die tegniese (tegnologiese) probleem, byvoorbeeld die vervaardiging van 'n nuwe tipe motorkar, te definieer en te omskryf. Wat presies is die behoefte en wat is al die vereistes en verwagtinge waaraan voldoen moet word. Daarna vra hy hom af of die huidige stand van ons tegniese kennis – met nader woorde die tegnologic - voldoende is om hierdie probleem op te los. Kan ons dadelik begin om die motorkar te vervaardig? Gewoonlik is dit nie die geval nie. Dit is dan nodig vir die ingenieur om, uitgaande van sy wetenskaplike kennis, die probleem via abstraksie en analise te isoleer uit die onmiddellike konteks, dit op te breek in sub- of deelprobleme, en die dan in 'n algemene sin te formuleer of te stel. Met ander woorde, (net) die motorkar word nou in detail beskou en opgebreek in die verskillende stelsels en komponente waaruit dit bestaan soos geïllustreer in Figuur 1 en elke komponent word nou deeglik gedefinieer en omskryf. Dit staan bekend as die wetenskaplike ontwerpmetode. Die ingenieur probeer dan om met behulp van sy tegniese kennis (of verbeelding) oplossings te vind vir die subprobleme. Dit wil sê, elke komponent en stelsel word nou op sy eie beskou en ontwerp. Vir die oplossing van die oorspronklike tegniese probleem, byvoorbeeld die motorkar, word die oplossings van die deelprobleme op mekaar afgestem, byvoorbeeld die verkoelingsstelsel wat voldoende verkoeling aan die enjin moet verskaf, en geïntegreer via sintese tot die geheel, naamlik die ontwerp. Tydens die ontwerp moet die ingenieur voortdurend kontroleer of die ontwerp wel geskik is vir die tegniese probleem en vir die omgewing waaruit die probleem voortgespruit het. Dit wil sê, voldoen dit aan die vereistes en verwagtinge wat gestel is en het daar nie dalk intussen nuwe inligting of addisionele vereistes na vore gekom nie. Veral by baie komplekse probleme is hierdie terugvoer noodsaaklik omdat dit onmoontlik is om die probleem van meet af aan volledig te

omskryf. In meeste gevalle is die ingenieur se tegniese kennis en sy verbeelding ook nie voldoende om 'n volledige ontwerp direk daar te stel nie. Hy moet dan eksperimente uitvoer of prototipes bou om deur middel van toetse die nodige vrae te beantwoord wat die tegniese wetenskap (tegnologie) nog nie instaat is om direk te beantwoord nie. Daar moet, byvoorbeeld, vasgestel word of die verkoelingstelsel voldoende verkoeling onder al die verskillende omgewingstoestande waaraan die motorkar blootgestel mag word, verskaf.

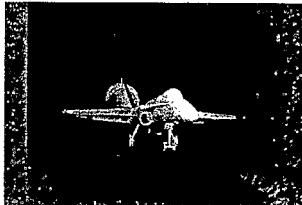
Gereedskap vir die oplos van tegniese probleme

Ten einde die tegniese probleme te kan oplos, benodig die ingenieur gereedskap. Daar is hoofsaaklik vier stukke gereedskap wat genoem kan word, naamlik:

- die ingenieur se gesonde verstand of dan sy logiese vermoëns,
- analitiese metodes,
- die fisiese laboratorium, en
- die numeriese laboratorium.

Dit is dikwels vir die ingenieur moontlik om deur middel van sy gesonde verstand of logiese vermoëns en opgrond van sy ervaring en aanvoeling oplossings vir die tegniese probleme te vind of voor te stel. Dit behels hoogstens sketse, maar geen detail berekeninge nie. Sy logiese vermoëns speel egter ook 'n uiters belangrike rol in die ander gevalle, veral met betrekking tot die toepassing van die metodes, opstelling van die probleme en die interpretasie van die resultate.

In die geval van analitiese metodes span die ingenieur wiskundige bewerkinge of metodes in om 'n oplossing vir die tegniese probleem te vind. Dit impliseer normaalweg die gebruik van formules. Die kan óf die resultaat wees van die eksakte oplossing van 'n algemene wiskundige formulering van die probleem, óf semi-empiries wees en afgelei wees vanaf die resultate van 'n (groot) aantal eksperimente wat uitgevoer is om sekere verskynsels te ondersoek. Die oplossings kan bereken word deur gebruik te maak van 'n pen en papier en 'n sakrekenaar, of dan 'n elektroniese spreiblad op 'n persoonlike rekenaar. Dit is belangrik dat die ingenieur deeglik bewus sal wees van die vereenvoudigende aannames wat daar gemaak is en wat die beperkinge van die metodes is.



Figuur 2 : Model van vevliegtoeg in windtonnel. (Met dank aan Prof AJ Baker)

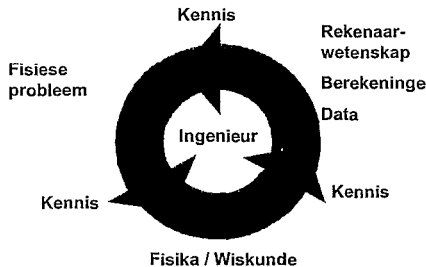
In die geval waar die ingenieur se logiese vermoëns en die analitiese metodes nie instaat is of voldoende is om die tegniese probleem as gevolg van die kompleksiteit van die probleem op te los nie, was die tradisionele wyse vir 'n baie lang tyd om die probleem en sub-probleme eksperimenteel in die fisiese laboratorium te ondersoek. Dit behels die deeglike en fyn beplanning, ontwerp en opstelling van skaalmodelle soos getoon in Figuur 2, asook die uitvoering van die eksperimente en die meting van die parameters wat verlang word. Die gemete waardes moet dan noukeurig verwerk en geïnterpreteer word ten einde in die eerste plek te bepaal wat werklik gemeet is en in die tweede plek of dit werklik sinvol is. Weens die geweldigste koste verbonde aan eksperimente en die tydrowendheid daarvan, asook die

beperkinge van die fisiese laboratorium, is dit nie moontlik om al die inligting wat verlang word in te samel, asook 'n groot aantal moontlikhede of konfigurasies te ondersoek nie. Daar is egter ook baie gevalle, soos byvoorbeeld die vlocipatroom binne 'n kernreaktor, waar dit onmoontlik is om metinge te doen. Nogtans is die fisiese laboratorium belangrik en sal dit nog vir 'n lang tyd 'n noodsaaklike hulpmiddel in die ingenieur se arsenaal van gereedskap bly.

Met die opkoms van die rekenaar en die gepaardgaande ontwikkeling van die numeriese metodes, het nog 'n gereedskapstuk hom oor die laaste dekades gevestig, naamlik die numeriese laboratorium. Die numeriese laboratorium het gegroei van 'n eenvoudige en beperkte begin, en wat deur vele gereken is as net 'n oulike speelding, tot 'n waardige en feitlik onontbeerlike hulpmiddel en sleuteltegniek / -tegnologie in die gereedskapkis van die ingenieur. Die fenomenale vooruitgang op die gebied van rekenaars oor die laaste dekade of wat, het geweldig baie bygedra tot die uitbreiding van die vermoë en die vestiging van die numeriese laboratorium.

Wat behels die numeriese laboratorium

Die numeriese laboratorium kan gedefinieër word as die tegniek om die numeriese oplossing van die heersende wiskundige vergelykings, wat die probleem onder beskouing beskryf, te bepaal met behulp van die rekenaar om sodoende 'n volledige numeriese beskrywing van die probleem in tyd en ruimte te verkry. Die probleem kan die lugvloei om 'n motorkar of 'n vliegtuig, of die ontbranding in die silinder van 'n enjin, of vele ander voorbeelde wees.

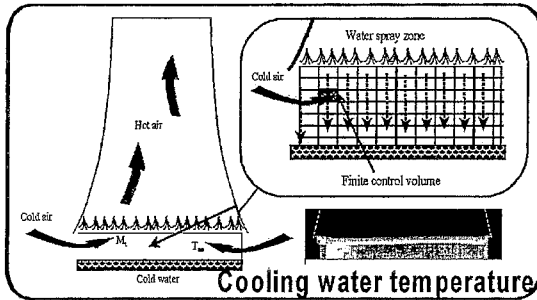


Figuur 3 : Multi-dissiplinêre aard van numeriese laboratorium.

Die aard en omvang van probleme wat in die numeriese laboratorium gemodelleer kan word, dek die ganse spektrum van ingenieurswese en sluit velde soos byvoorbeeld struktuurmeganika, vloeiemeganika, warmte-oordrag, massa-oordrag, elektro-magnetiese, elektrostatika, ens. in allerhande kombinasies in. Uiteraard kan ek nie met gesag oor alle velde praat nie en sal ek dus slegs die onderwerp toelig vanuit my ervaringsveld wat hoofsaaklik vloeiemeganika, warmte-oordrag en massa-oordrag dek.

Uit die bogenoemde kan dit afgelei word dat dit 'n multi-dissiplinêre vakgebied is soos voorgestel in Figuur 3. Dit is nie alleen die geval omdat dit 'n wye verskeidenheid van fisiese velde dek nie, maar verder ook omdat vakgebiede soos wiskunde en toegepaste wiskunde en rekenaarwetenskap 'n uiters belangrike rol daarin speel. Die ingenieur moet daarom oor 'n wye agtergrond beskik en dit is dus nie verbasend dat daar dikwels 'n span ingenieurs betrokke is by die ontwikkeling van die rekenaarprogramme, asook by die gebruik daarvan om probleme op te los nie.

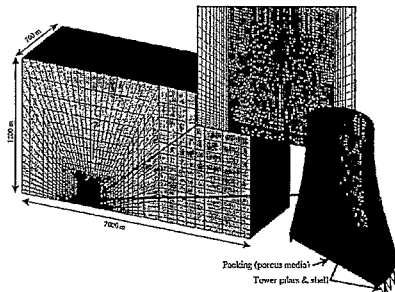
Kom ons kyk na die aard van die numeriese laboratorium en die prosesse van modellering aan die hand van die voorbeeld van die lugvloei in en om 'n nat koeltoring wat tipies by 'n kragentrale gevind word. In Figuur 4 word 'n skematiese voorstelling van die aard van die probleem getoon.



Figuur 4 : Skematiese voorstelling van 'n nat trek koeltoring (met dank aan Aerotherrm cc)

Die eerste stap in die modelleringsproses is om die probleem deeglik te definieer en te omskryf. Dit vereis 'n grondige kennis van die fisika van al die fisiese prosesse en verskynsels wat plaasvind (en in sommige gevalle ook die chemie of reaktiewe prosesse), soos byvoorbeeld verdamping (massa-oordrag), verkoeling (energie-oordrag), momentum-oordrag, ens in die geval van die koeltoring.

Die tweede stap in die modelleringsproses is om die prosesse wat plaasvind wiskundig te formuleer. Dit op sy beurt vereis 'n grondige kennis van die wiskunde en die toegepaste wiskunde. Die korrektheid of akkuraatheid hang af van in die eerste plek ons begrip van die fisiese prosesse en tweedens ons vermoë om dit wiskundig te kan beskrywe. Dit is nie verbasend dat ons in hierdie prosesse dikwels heelwat vereenvoudigende aannames moet maak nie. So byvoorbeeld in die geval van die koeltoring is die presiese beskrywing en hantering van die turbulensie in die vloei een van die groot kopsere.

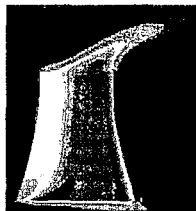


Figuur 5 : Berekeningsrooster vir nat trek koeltoring. (met dank aan Aerotherrm cc)

Omdat dit as gevolg van die kompleksiteit van die probleem wat ondersoek word, die prosesse wat plaasvind, en die wiskundige formulering daarvan nie moontlik is om 'n eksakte oplossing te verkry nie, is die derde stap in die modelleringsproses om die wiskundige formulering te herformuleer sodat ons 'n benaderde oplossing met behulp van die rekenaar

kan bereken. Verder behels hierdie stap ook die opstel van die data van die numeriese model wat die spesifieke probleem wat ons graag wil oplos vir die rekenaar(-program) definieer. Dit sluit in die berekeningsrooster, soos getoon in Figuur 5, die randwaardes, die eienskappe van die vloei(er)s en ander materiale ter sprake, ens. Ook in hierdie stap moet daar verdere moontlike vereenvoudiginge ingevoer word ten einde dit in die eerste plek moontlik te maak om die probleem met behulp van die rekenaar te kan op los en in die tweede plek omdat ons nie in alle gevalle regtig weet wat die presiese randwaardes is nie. Daar moet ook deeglik daarmee rekening gehou word dat die kwaliteit van die oplossing baie sterk afhanklik is daarvan of die berekeningsrooster voldoende is.

Die vierde stap in die modelleringsproses is die implimentering van die benaderde wiskundige modelle en die geassosieerde metodes of algoritmes in 'n rekenaarprogram en die invoer van die data wat die spesifieke probleem onder beskouing definieer. Hierdie sluit ook die metodes in om die algebraïese vergelykings wat ontstaan doeltreffend op te los, asook die strukture om al die data of inligting effektief te hanteer. Hierdie vereis 'n grondige kennis van die toepaslike aspekte van die rekenaarwetenskap. In hierdie stap moet daar rekening gehou word met die afronding wat daar plaasvind omdat die rekenaar die syfers met 'n eindige presisie voorstel.

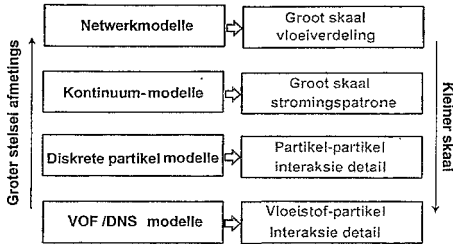


**Vapor
concentration**

Figuur 6 : Grafiese voorstelling van verdeling waterdampkonsentrasie in en om koeltoring. (Met dank aan Aerotherm cc)

Die vyfde en laaste stap in die modelleringsproses is die interpretasie van die resultate. Hierdie behels meestal die kleurvolle grafiese voorstelling van die verskillende berekende waardes, soos geïllustreer in Figuur 6, en die berekening van afgeleide waardes. Dit is uiters belangrik om seker te maak dat die resultate fisies verklaarbaar is en in ooreenstemming is met die aard van die probleem. Dit vereis 'n deeglike kennis van en aanvoeling vir die fisika van die prosesse wat ter sprake is. Indien die resultate nie in ooreenstemming is met dit wat verwag is nie, moet daar agtereenvolgens 'n tree terug gegee word en alles gekontroleer word, totdat ons uiteindelik terug is by die fisika van die oorspronklike probleem. Slegs indien dit na deeglike oorweging blyk dat alles in orde is, kan ons aanvaar dat dit, ten minste kwalitatief, die beste oplossing is wat ons onder omstandighede kan bepaal. Die ingenieur moet deeglik bewus wees van die tekortkominge en beperkinge van die numeriese laboratorium en dit inagneem in die modelleringsproses.

Vanweë die verskeidenheid en kompleksiteit van die fisiese probleme waarmee ons op die gebied van massa-, momentum- en energie-oordrag te doen kan kry, asook die beperkinge van die beskikbare rekenfasiliteite, is daar nie 'n enkele supermodel (of rekenaarprogram) tot ons beskikking wat alles kan baasraak nie. Vir die realistiese hantering van alle relevante fisiese verskynsels en prosesse kan (ten minste) vier vlakke van modellering onderskei word soos geïllustreer in Figuur 7.



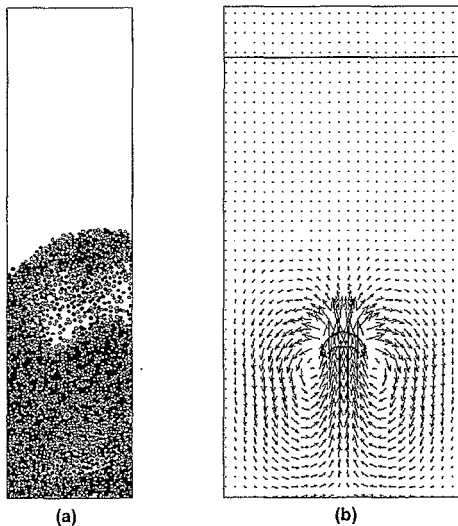
Figuur 7 : Vlakke van modellering wat onderskei kan word.

Die eerste of boonste vlak is netwerkmodelle. Die modelle bestaan uit 'n versameling van nodepunte en elemente wat gebruik word om 'n komplekse stelsel soos byvoorbeeld 'n chemiese aanleg, die watervoorsieningsnetwerk van 'n dorp of stad en 'n stelsel soos die korrelbed-reaktor kringloop voor te stel. Die plaaslik ontwikkelde kode Flownet is 'n voorbeeld van 'n rekenaarprogram wat hierdie tipe modelle hanteer. Al die drie-dimensionele vloeï- en warmte-oordragpaaië word elk gereduseer na een-dimensionele formuleringe wat die gemiddelde waardes vir alle veranderlikes beskryf. Omdat die fyn en grootskalige detail nie gemodelleer word nie, word hier heelwat van korrelasies gebruik om die fisiese verskynsels te beskryf. Op hierdie wyse kan baie groot stelsels gemodelleer word wat andersins nie moontlik sou wees nie of vinnige berekeninge van kleiner stelsels gemaak word om 'n goeie aanduiding te kry van hoe die vloeï daar uitsien.

Die tweede vlak is twee- of drie-dimensionele kontinuum modelle. In hierdie modelle word alle fases waaruit die vloeï mag bestaan, hetsy of dit 'n vloeïer (gas of vloeïstof), of 'n disperse fase (partikels, borrels of druppels) is, as 'n kontinuum of vloeïer beskou. Hierdie modelle is instaat om die grootskalige detail van die vloeïveld te modelleer soos byvoorbeeld die vloeïpatrone, temperatuur-verdeling, wewels en relatiewe beweging van die verskillende fases. Die interaksie tussen fases, naamlik die massa-oordrag, momentum-oordrag en energie-oordrag moet egter nogsteeds op 'n empiriese wyse deur middel van korrelasies, hoewel meestal meer fundamenteel, hanteer word. Die nadeel van die kontinuum modelle is onder andere die feit dat gebruik gemaak word van lokaal gemiddelde waardes vir die verskillende hidrodinamiese groothede waardeur die detail van die vloeïer-partikel en partikel-partikel interaksies verdwyn. Die plaaslik ontwikkelde kode Flo++ is 'n voorbeeld van 'n rekenaarprogram wat hierdie tipe modelle kan hanteer. Op hierdie wyse kan grootskaal industriële probleme soos byvoorbeeld die vloeïveld in en om 'n koeltoring opgelos word. Kodes op hierdie vlak kan ook gebruik word om data of korrelasies te genereer vir gebruik in kodes op die eerste vlak.

Die derde vlak is twee- of drie-dimensionele disperse of diskrete modelle. In hierdie model word die beweging van die afsonderlike partikels (druppels of borrels) in die sisteem individueel gevolg terwyl daar rekening gehou word met die onderlinge botsings tussen partikels en botsings van die partikels met die wande soos getoon in Figuur 8(a). Die beweging van die vloeïer word bereken op 'n rooster wat grof is ten opsigte van die grootte van die deursnit van die partikels. Die interaksie tussen die partikels en vloeïer moet steeds op 'n empiriese wyse inaggeneem word, hoewel nog meer fundamenteel as vantevore. Die krag van hierdie tipe model is geleë in die feit dat baie gedetailleerde modelle vir die partikel-partikel interaksies en willekeurige verdeling van fisiese eienskappe, soos grootte en digtheid, op 'n eenvoudige wyse inaggeneem kan word. Tans kan tot ongeveer 'n miljoen partikels gesimuleer word wat veel minder is as wat in meeste praktiese probleme voor kom. Desondanks kan waardevolle insigte uit hierdie tipe modelle verkry word wat kan help met

die kalibrasie en validasie van die kontinuum modelle. Die plaaslik ontwikkelde kode Flo++ kan reeds meeste van die aspekte van hierdie modelle hanteer.



Figuur 8 : (a) Model van diskrete partikels met lug wat daar deur geblaas word. (b) Model van 'n lugborrel wat opstyg in 'n kolom water. (Met dank aan Prof JAM Kuipers)

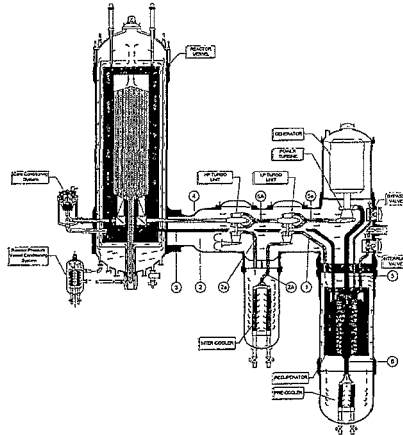
Die vierde en laaste vlak is die twee- en drie-dimensionele molekulêre modelle, byvoorbeeld die rooster Boltzmann (LBM), direkte numeriese simulatie (DNS) en volume-van-vloeistof (VOF) modelle. In hierdie wat die mees fundamentele modelle is, word die beweging van alle afsonderlike partikels (druppels of borrels) in die sisteem gevolg soos geïllustreer in Figuur 8(b). Weereens word daar rekening gehou word met onderlinge botsings tussen die partikels en botsings van die partikels met die wande. Daarmee saam word die beweging van die vloeiër bereken op 'n rooster wat fyn is in vergelyking met die deursnit van die partikels. Die interaksie tussen die vloeiër en die partikels volg dan direk uit die berekening. Dit is dus moontlik om die fynere detail van die vloeiveld te bestudeer om sodoende dieper insig in die fisika van die fisiese verskynsels te verkry. Uit hierdie resultate kan dan beter formuleringe en korrelasies afgelei word vir die modelle op die derde, tweede en eerste vlakke. Die modelle op die vierde vlak is dan in die ware sin die numeriese laboratorium. Tans kan tot 'n duisend partikels gemodelleer word wat beteken dat hierdie vlak nie geskik is vir probleme van industriële skaal waar miljoene partikels kan voor kom nie. Die volume-van-vloeistof model is reeds ingebou in die plaaslik ontwikkelde kode Flo++.

Uit bostaande kan afgelei word dat dieselfde vlak van kundigheid, sorg en deeglikheid vereis word vir die numeriese laboratorium soos in die geval van die fisiese laboratorium. Die numeriese laboratorium is, soos die fisiese laboratorium, ook nie sonder sy beperkinge en tekortkominge nie. Dit is egter 'n volwaardige laboratorium naas die fisiese laboratorium en 'n onmisbare hulpmiddel in die arsenaal van die ingenieur. Dit is veel goedkoper as in die fisiese laboratorium om die modelle op te stel en verskillende moontlikhede te ondersoek. Veel meer volledige inligting of data word ook oor die veld van belang verkry. Dit is ook moontlik om probleme te ondersoek wat onmoontlik of te gevaarlik is om in die fisiese laboratorium te ondersoek. Die fisiese laboratorium bly nogtans belangrik om in die eerste

plek die numeriese modelle te valideer en om in die tweede plek die laaste fynere detail van sommige probleme uit te sorteer.

Rol van die numeriese laboratorium in die industrie

Die numeriese laboratorium (berekenningsmeganika) is deur vele ontwikkelde lande geïdentifiseer as 'n sleutel-tegnologie / tegniek en dit word omvangryk in die industrie aldaar gebruik. Vanaf die eerste treë toe die eerste metodes in die vyftigerjare ontwikkel is om vliegtuig-strukture te analiseer tot vandag waar die numeriese laboratorium gebruik word om haas enige denkbare (toepaslike) probleem op te los, het die numeriese laboratorium gevorder van 'n speelding tot 'n onmisbare en noodsaaklik hulpmiddel vir die industrie. Enkele voorbeelde sal help om dit toe te lig.



Figuur 9 : Skematiese voorstelling van korrelbedreaktor kringloop. (met dank aan PBMR)

Die ontwerp van 'n komplekse stelsel soos die korrelbedreaktor krag-installasie soos getoon in Figuur 9 is ondenkbaar sonder die numeriese laboratorium. Daar is geen manier waarop die prosesse en verskillende moontlikhede wat ondersoek moet word alleenlik of enigszins in sommige gevalle deur middel van fisiese eksperimente getoets en uitgeklaar kan word nie. Die effek op die stelsel wanneer 'n pyp breek, of wat gebeur en wat gedoen moet wanner die verbinding met kragnetwerk skielik verbreek word, of hoe die hele stelsel aan die gang gesit moet word, is alles vrae wat deur middel van numeriese simulaties ondersoek kan word.

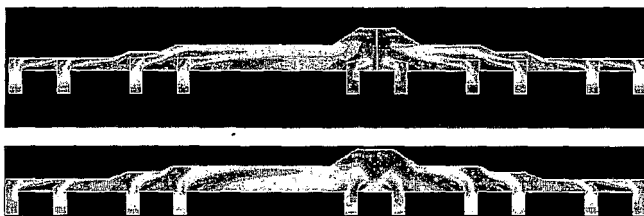
In die lugvaartbedryf is dit gebruikelik dat daar skaalmodelle van die vliegtuie gebou word wat dan aan toets in 'n windtunnel onderwerp word. Daaruit kan bepaal word of die aerodinamika van die vliegtuig aan die vereistes wat gestel word, voldoen. Verder kan die kragte wat op die vliegtuig inwerk ook bepaal word sodat die struktuur van die vliegtuig daarvolgens ontwerp kan word. Die Boeing 777 getoon in Figuur 10 is die eerste kommersiële vliegtuig wat aerodinamies volledig met behulp van rekenaarmodelle ontwerp is sonder dat daar 'n enkele toets in 'n windtunnel gedoen is. Dit het die tydperk wat dit geneem het om die vliegtuig te ontwerp, drasties ingekort.



Figuur 10 : Boeing 777. (Met dank aan Boeing Company)

Die uitlaatgasse vanaf die verskillende eenhede van 'n aanleg, word deur waaiers in 'n uitlaatspruitstuk ingepomp vanwaar dit deur enkele skoorsteen in die atmosfeer vrygelaat word. Daar is gevind dat die buitenste waaiers heelwat minder massavloei lewer as die waaiers in die middel. 'n Numeriese ondersoek het getoon dat die weerstand wat die waaiers in die middel ondervind heelwat minder is as die weerstand wat deur die ander waaiers ondervind word. Die lug van die middelste waaiers het ook as obstruksies gedien vir die vloei vanaf die buitenste waaiers. Die installasie van vloeiërigters het die situasie sodanig kon verbeter dat die lewering van al die waaiers baie na aan die dieselfde is soos geïllustreer in Figuur 11. Dit het aanleiding gegee tot 'n baie beter benutting van die waaiers en 'n meer gebalanseerde stelsel.

GEMODIFISEERDE UITLEG

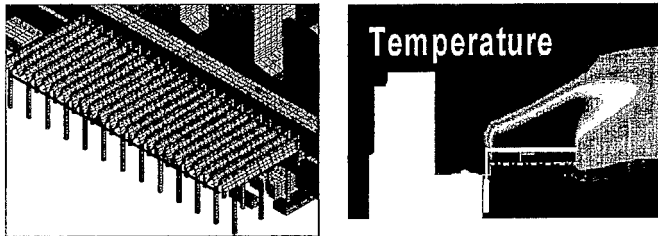


OORSPRONKLIKE UITLEG

Figuur 11 : Voorstelling van die lugvloei deur die oorspronklike en gemodifiseerde uitlegte van die uitlaatspruitstuk.

Matimba kragentrale is die grootste lugverkoelde kragentrale in die suidelike halfrond. Die kragentrale lewer ongeveer 4000 MW en sowat 5400 MW hitte moet deur die lugverkoelde kondensator afgegee word soos getoon in Figuur 12. Daar is ondervind dat die werkverrigting van die kondensator baie gevoelig is vir die atmosferiese toestande, in die besonder wind. Veral wanneer 'n sterk wind vanuit die weste, noord- of suidweste waai, is daar geweldige probleme met die eenhede op die twee eindpunte ondervind. 'n Numeriese studie het getoon

dat die vloeipatrone wat veroorsaak word deur die strukture van die kragstasie grotendeels verantwoordelik is vir die probleme. Die numeriese simulatie van verskillende moontlike veranderinge het getoon dat, alhoewel die probleem nie heeltemal uitgeskakel kan word nie, die situasie aansienlik verbeter kan word.



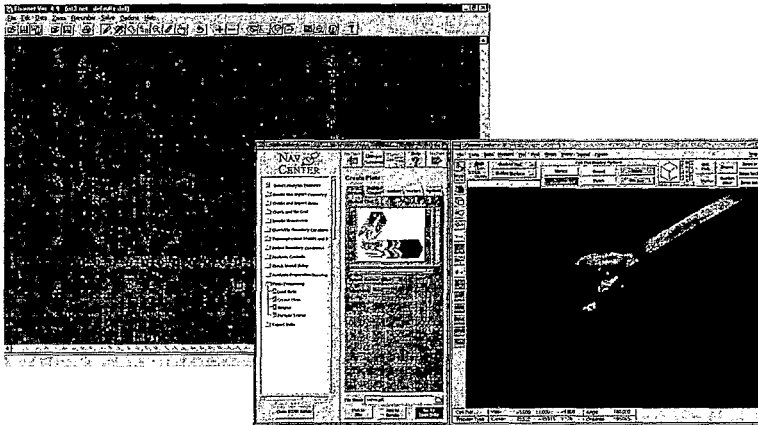
Figuur 12 : Skematiese voorstelling van 'n gedeelte van die lugverkoelde kondensator van Matimba kragstasie en die temperatuurverdeling tydens 'n westewind. (Met dank aan Aerotherm cc)

Walter Bauer van Mercedes Benz in Duitsland het gesê: “It cannot be stressed enough that MB’s future competitiveness hangs upon its ability to deliver efficient cars. It is not possible to remain in the market as a vendor of premium cars at reasonable prices without continuing to improve the design process. With the increasing complexity of today’s cars, and the exhaustion of traditional techniques to cope with this, the only possibility is to use high performance computing enabled simulation.”

Rol van die numeriese laboratorium in navorsing

Die rol van die numeriese laboratorium in navorsing kan in twee kategorieë ingedeel word, naamlik die ontwikkeling van numeriese metodes of algoritmes en modelle, en die modellering van fisiese verskynsels of ingenieursprobleme.

In die eerste kategorie gaan dit in die eerste plek om die ontwikkeling van geskikte en doeltreffende tegnieke of algoritmes om die wiskundige vergelykings in 'n kode te implimenteer, die algebraïese vergelykings op te los en die data of inligting te hanteer of bestuur. Hierdie is miskien die mees bekende faset van die numeriese laboratorium en wat in baie gevalle die indruk laat dat die numeriese laboratorium maar net 'n oulike speelplek is vir ingenieurs, toegepaste wiskundiges en rekenaarwetenskaplikes. Hierdie is egter 'n uiters kritieke gedeelte van die laboratorium omdat dit die fondament of onderbou vorm vir al die ander aktiwiteite en belangstellings en die sukses van die ganse onderneming bepaal. Sake soos stabiliteit, konvergensie, akkuraatheid en effektiwiteit geniet hier baie aandag. In die tweede plek gaan dit in die eerste kategorie om die ontwikkeling van die wiskundige modelle of vergelykings wat die verskillende fisiese verskynsels beskrywe. Dit behels 'n behoortlike fundamentele beskouing en interpretasie van die fisiese verskynsels ten einde dit deeglik te verstaan. Alvorens dit nie die geval is nie, maak dit nie sin om dit in 'n kode te probeer implimenteer nie. Die ontwikkeling van kodes op die eerste en tweede vlakke soos getoon in Figuur 13 sal in die eerste plek in hierdie kategorie val. Verder resorteer die ontwikkeling van kodes op die derde en vierde vlakke ook in hierdie kategorie. Die oogmerk met die navorsing hier is, om deur die bestudering van die fisiese verskynsels, die wiskundige formulering en die uiteindelijke implimentering daarvan in 'n kode te verwesentlik of om 'n bestaande kode te verbeter.

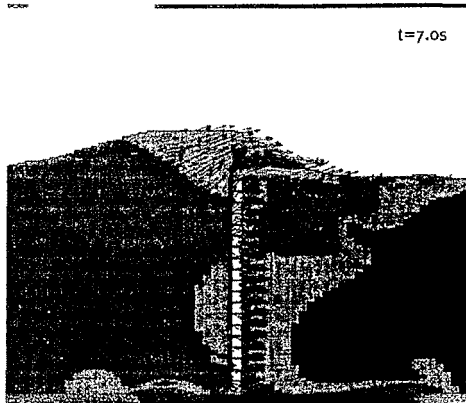


Figuur 13 : Voorstelling 'n netwerkmodel op die eerste vlak en 'n kontinuum model op die tweede vlak. (Met dank aan M-Tech Industrieel en Computational Dynamics)

In die tweede kategorie gaan dit om die ontwikkeling van numeriese modelle om fisiese verskynsels en ingenieursprobleme te bestudeer, asook die bestudering van die fisiese verskynsels en die ingenieursprobleme ten einde 'n beter begrip daarvan te verkry. Die ontwikkeling van 'n numeriese model behels die definisie van die probleem onderbeskouing en die opstel van die numeriese data wat aan die rekenaarkode voorsien moet word ten einde die bepaalde probleem te kan oplos. 'n Goeie voorbeeld van modelle van fisiese verskynsels is van die navorsing wat aan die Universiteit van Twente gedoen word en waarvan 'n demonstrasie 'n bietjie later gegee sal word.

'n Voorbeeld van die modelle van ingenieursprobleme is die navorsing oor poreuse golfbrekers of golfdempers wat aan die Tegniese Universiteit van Berlyn gedoen word. Fisiese, sowel as numeriese eksperimente, soos getoon in Figuur 14, is uitgevoer om in die eerste plek die numeriese modelle te valideer en in die tweede plek die hidrodinamiese eienskappe van die golfdempers te bepaal. Goeie ooreenstemming is tussen die fisiese en numeriese modelle verkry. Die numeriese model kon ook veel meer detail verskaf en die meganismes wat 'n rol speel in die demping van die golfenergie kon sodoende baie beter bepaal en gekwantifiseer word.

Heelwat werk in beide van die bogenoemde kategorieë word aan die PU vir CHO gedoen en die hidrae wat gelewer is oor die laaste dekade tot die ontwikkeling en vestiging van die tegnologie en tegnieke in Suid-Afrika is welbekend en geniet wye erkenning. Daar word vertrou dat die bande wat daar met die Universiteit van Twente en die Universiteit van Tennessee / Knoxville gesmee is 'n wesentlike hidrae sal lewer om die aktiwiteite aan die PU vir CHO te verstewig en uit te bou, en dat die PU vir CHO ook 'n belangrike en gesogte hidrae tot die vennootskap sal lewer.



Figuur 14 : Numeriese model van 'n golf wat breek oor 'n poreuse golfdemper. (Met dank aan die Tegniese Universiteit van Berlyn)

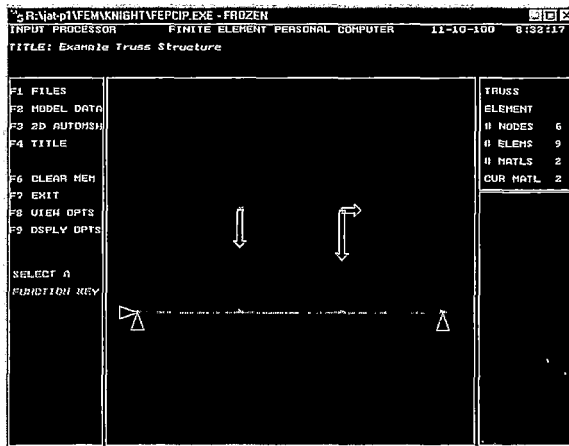
Rol van die numeriese laboratorium in opleiding

In die tradisionele benadering tot die numeriese laboratorium aan die universiteit word die studente in hulle kursusse in wiskunde en toegepaste wiskunde die grondbeginsels van meeste van die numeriese tegnieke geleer en word dit meestal toegelig aan die hand van teoretiese voorbeelde. Verder word daar in vakke soos sterkteleer, stromingsleer en warmte-oordrag ook 'n klein bietjie tyd afgestaan aan die numeriese oplossing van sommige probleme. Nêrens egter, word al die materiaal op 'n sinvolle wyse saamgeknoop nie en bly dit meestal maar los stukkie kennis of inligting wat in die akademiese winde wapper. Die benadering tot eindige element-metodes op voorgraadse vlak is gewoonlik ook ietwat lig in die broek en die vak word ook gewoonlik, indien wel, in die finale (vierde) jaar aangebied. Sover vasgestel kon word, is die PU vir CHO een van die weinige, indien nie die enigste nie, universiteit in die wêreld wat die vak reeds in die derdejaar van die ingenieurskurrikulum aanbied, asook 'n meer fundamentele of omvattende benadering tot die vak volg. Daarmee word hopelik 'n gesonde fondament neergelê vir beide die jong ingenieur wat tot die werksplek toetree, asook vir student wat sy studies op nagraadse vlak voortsit.

Dit is verder interessant om waar te neem dat daar 'n groep, veral ouer, ingenieursdosente is wat glo dat die numeriese laboratorium net op nagraadse vlak tuis hoort en dat die voorgraadse student, behalwe vir dit wat in die wiskunde en toegepaste wiskunde kursusse gedoen word, alleenlik deelgik in die tegnieke van die fisiese laboratorium onderlê moet word. 'n Ander groep glo weer dat met die beskikbaarheid van numeriese pakkette (of "toolboxes") soos MATLAB en EXCEL vakke soos numeriese metodes en programmering oorbodig geraak het. 'n Gebrek aan 'n goeie basiese kennis van numeriese metodes mag aanleiding gee tot die sinnelose gebruik van die pakkette en die onvermoë om die oorsprong en aard van foute te herken. 'n Vakman moet die vermoëns en beperkinge van sy gereedskap ken.

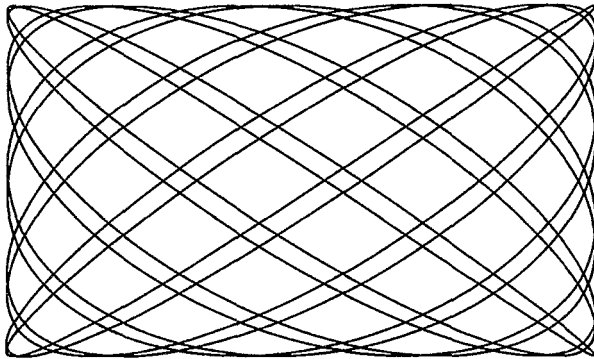
Bo en behalwe die neerlê van 'n gesonde fondament in numeriese metodes, wil ek ook vir 'n meer holistiese benadering pleit. Behalwe vir die feit dat daar 'n meer integrale benadering moet wees tot die vakke waar die numeriese metodes aangebied word en die vakke waar die numeriese metodes aangewend word, moet die studente ook so vroeg as moontlik, selfs al in hulle eerstejaar, aan die pakkette, soos geïllustreer in Figuur 15, bekend gestel word en

aangemoedig word om dit te gebruik. By die eerste vak waar 'n pakket op 'n sinvolle wyse ingevoer kan word, moet dit gedoen word. Studente moet touwys gemaak word hoe om die pakket te gebruik sodat hulle dit kan gebruik om van die voorbeelde en probleme waarmee hulle in die vak te doen kry, op te los. Ook moet hulle, waar moontlik, die pakket gebruik om die fisiese eksperimente wat in die praktikums gedoen word te simuleer te einde te bepaal of die numeriese en die fisiese laboratorium dieselfde resultate lewer. Indien die ooreenstemming nie bevredigend is nie, moet daar na die rede gesoek word. In die geval waar die ooreenstemming bevredigend is, moet die numeriese laboratorium gebruik word om die resultate van die fisiese laboratorium uit te brei. Daar kan ook tipiese "wat as" vrae gevra word. Op hierdie wyse kan dit 'n groot bydrae lewer om die studente se aanvoeling vir die fisika van die fisiese verskynsels ter sprake, uit te bou en te verbeter. Hopelik word die entoesiasme en nuuskierigheid van die studente vir die vak en die numeriese laboratorium ook aangewakker en leer hulle ook die krag en die beperkinge van die numeriese laboratorium ken. Aanvanklik hoef die studente die absolute minimum, indien enigiets, te weet van wat in die pakkette aangaan. Op die toepaslike tyd en in die toepaslike vak word daar dan aandag gegee aan die teoretiese basis en werking van die pakkette. Teen die tyd wat dit gebeur het die studente reeds 'n goeie agtergrond oor die gebruik en praktiese aanwending van die pakkette en sal die teorie dan ook soveel meer sin maak.



Figuur 15 : Eenvoudige eindige element model van 'n trapesiumbrug.

Studente moet werklik aangemoedig word om tyd te maak om met die pakkette te "speel". Ek kan my eie ervaring as voorbeeld gebruik. In die toepaste wiskunde laboratorium op Stellenbosch was daar 'n apparaat wat met behulp van die beweging van twee slingers baie interessante prentjies op papier geteken het. Die wiskundige model daarvoor is twee enkelvoudige harmoniese bewegings (EHBs) wat op mekaar gesuperponeer word. In ons tweedejaar is ons geleer hoe om die HP9810 tafelrekenaar te programmeer en dit te gebruik om probleme op te los. Ek en my koshuis kameraat was toe baie nuuskierig om vas te stel of ons dieselfde prente met behulp van die rekenaar kon teken. 'n Voorbeeld soortgelyk aan die resultate wat ons verkry het, word in Figuur 16 getoon. Deur ons spelery het ons nie alleenlik uiteindelik daarin geslaag om dit reg te kry nie, maar het ons ook die vraag gevra (en beantwoord) wat kry 'n mens as jy drie EHBs op mekaar superponeer. In die proses het ons onbewustelik geweldig baie geleer van die proses om probleme met behulp van die rekenaar op te los en van die manier van dink wat nodig is.



Figuur 16 : Resultaat verkry wanneer twee enkelvoudige harmoniese bewegings op mekaar gesuperponeer word.

Slot

Dames en Here, ek dank u dat ek u 'n kykie kon gee in die wêreld van die numeriese laboratorium en vertrou dat dit u onder die indruk gebring het van die belangrikheid daarvan in die ingenieurswese. Indien die PU vir CHO op die voorpunt wil bly, sal hy hom deeglik hieroor moet verantwoord en sorg dra dat dit effektief benut en uitgebou word en dat die nodige fasiliteite gevestig en instand gehou word.

Ten slotte wil ek graag weer die universiteit bedank vir die vertroue wat daar in my gestel is. Ook wil ek graag by hierdie geleentheid my gesin, Marié, Charl, Martin, Jean en Marié bedank vir hulle geduld en ondersteuning deur al die jare met al die eise wat dit aan ons gestel het. Laaste, maar die belangrikste, gaan my dank aan my Hemelse Vader en wil ek Hom saam met Daniël prys:

Dan. 2:20-22 "Daniël het gesê: "Mag die Naam van God altyd geprys word, Hy aan wie die wysheid en die mag behoort, Hy wat tye en omstandighede verander, wat konings afsit en konings aanstel, wat aan die wyse manne die wysheid gee en die verstand aan dié wat insig het, wat ondeurgrondelike en verborge dinge openbaar en wat weet wat in die duisternis is; by Hom is die lig".

Ek dank u. (Ik heb gezegt.)